

# 光周波数コムによるマーカを利用した ヨウ素分子の超高分解能レーザー分光 (福岡大理) 西山明子・石川大樹・○御園雅俊

High resolution spectroscopy of iodine molecule with frequency markers  
generated by an optical frequency comb  
(Fukuoka Univ.) Akiko Nishiyama, Daiki Ishikawa, and Masatoshi Misono

In order to study interactions in the excited states of molecules, we developed a spectroscopic system for high resolution spectroscopy with wide wavelength range and with high power. In this work, precise frequency markers were generated by a Ti:Sapphire optical frequency comb. We observed saturated absorption spectra of  $I_2$  molecule with this frequency marker.

【序】分子の電子励起状態間の相互作用や解離のダイナミクスは、励起準位の微小なシフトや広がり、分裂等として現れるため、これらを精密に計測する必要がある。このためには、サブ MHz の高分解能、数 100 mW 以上の高光出力、可視全域から近赤外にわたる広波長域の 3 項目を満たす分光システムが必要である。今回は、これらの要求をみたし、光周波数コムを利用した周波数マーカーにより周波数校正を行う分光システムの研究を行った。

【実験】周波数マーカー生成の原理を Fig. 1 に示す[1]。  $f_{n-1}$ ,  $f_n$ ,  $f_{n+1}$ ,  $f_{n+2}$  は光周波数コムのモードの周波数、  $f_{rep}$  はその間隔、  $f_{dye}$  は分光光源（色素レーザー）の周波数である。光周波数コムと分光光源の出力光を重ね合わせると、周波数  $f_{beat1} = f_{dye} - f_n$  および  $f_{beat2} = f_{n+1} - f_{dye}$  のビートが生じる。  $f_{dye}$  を掃引すると、それに応じてこれらのビート周波数も変化する。いま、2つのバンドパスフィルターを用意し、その通過周波数を、それぞれ  $f_{BPF1} = (1/8) * f_{rep}$ ,  $f_{BPF2} = (3/8) * f_{rep}$  とする。ビート信号をこれらのバンドパスフィルターに入力して  $f_{dye}$  を掃引すると、  $f_{beat1}$ ,  $f_{beat2}$  のいずれかが  $f_{BPF1}$  または  $f_{BPF2}$  に一致するときにビート信号がバンドパスフィルターを通過する。このようにして間隔  $f_{rep}/4$  の周波数マーカーが得られる。

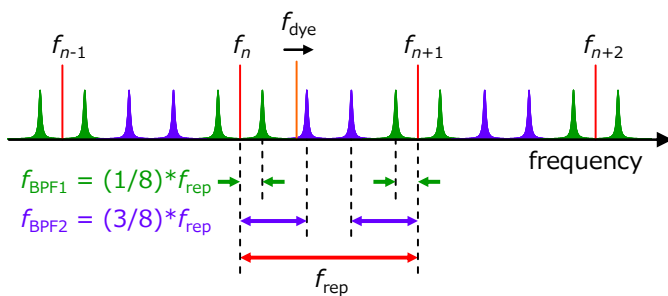


Fig. 1. Principle of frequency marker generation.

$f_{rep}$ : Repetition Rate,  
 $f_{n-1}$ ,  $f_n$ ,  $f_{n+1}$ ,  $f_{n+2}$ : Comb modes,  
 $f_{dye}$ : Dye laser frequency.

Figure 2 に実験系を示す。光周波数コムとして  $f_{rep}=162$  MHz のチタンサファイアレーザーを用いた。色素レーザーの発振波数は約  $16625 \text{ cm}^{-1}$ , 線幅は約 470 kHz, 出力光パワーは約 700 mW であった。これらの出力光を重ねて回折格子で分散させ、Avalanche Photodiode (APD) でビートを測定した。ビート信号を分岐して、2つのバンドパスフィルター (BPF1, BPF2) に入力し、包絡線検波を行った後、コンピューターで記録した。  $I_2$  分子の飽和吸収スペクトルも同時に測定した。

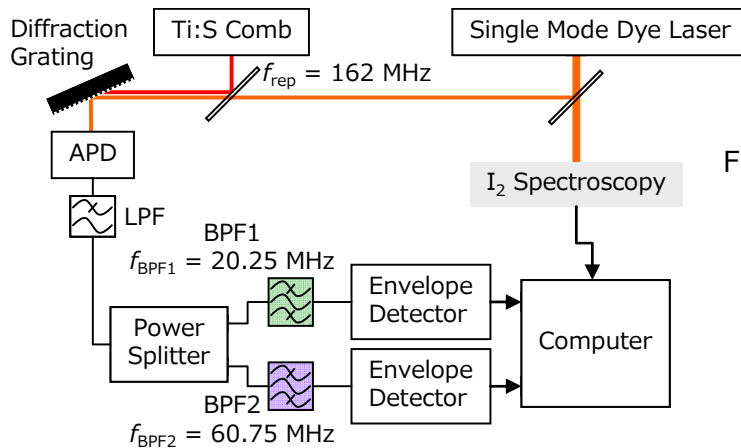


Fig. 2. Experimental setup.

APD: Avalanche Photodiode,  
LPF: Low Pass Filter,  
BPF: Band Pass Filter.

【結果】 Figure 3 は測定したスペクトルの一部を示したものである。(a), (b)はそれぞれ、BPF1, BPF2 による周波数マーカを測定したもの、(c)は文献[2]所収のデータより作図した  $I_2$  分子の飽和吸収スペクトル、(d)は本研究で測定した同スペクトルである。(a)と(b)をあわせると、間隔 40.5 MHz すなわち  $f_{\text{rep}}/4$  の周波数マーカが生成されていることがわかる。 $I_2$  分子スペクトルの半値全幅は、(c)では 29 MHz、(d)では 2.3 MHz である。本研究において、色素レーザー線幅は 470 kHz であったので、分光光源の線幅によらない高分解能なスペクトルの計測に成功している。(d)のスペクトル線幅はパワーブロードニングや圧力広がりによるものと考えられる。

[1] P. Del'Haye, *et al.*, *Nature Photon.* 3, 529 (2009).

[2] H. Kato, *et al.*, "Doppler-free High Resolution Spectral Atlas of Iodine Molecule 15,000 to 19,000  $\text{cm}^{-1}$ ," (JSPS, Tokyo, 2000).

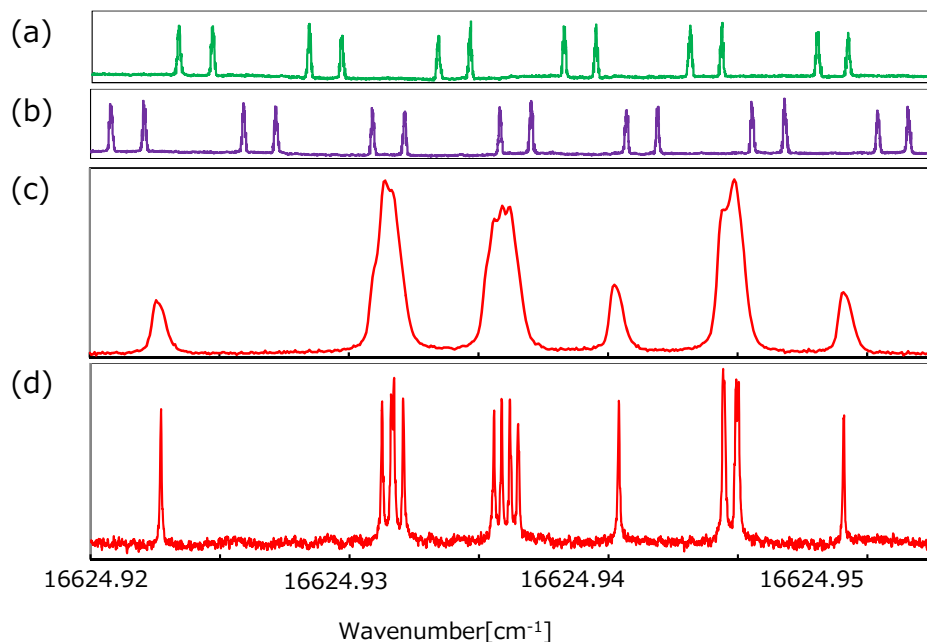


Fig. 3. A part of the  $I_2$  saturated absorption spectrum.

- (a), (b) Frequency markers generated in BPF1 and BPF2, respectively,
- (c)  $I_2$  saturated absorption spectrum (Ref. [2]),
- (d)  $I_2$  saturated absorption spectrum (this work).